转 Bt 基因棉对非靶标害虫及害虫天敌种群动态的影响

邓曙东[1]，徐　静[1]，张青文[1*]，周世文[2]，徐冠军[3]

（1. 中国农业大学植物保护学院，北京　100094；2. 湖北沙洋监狱管理局农科所，湖北沙洋　448200；
3. 华中农业大学植物保护系，武汉　430070）

摘要：2000～2001 年，在湖北棉区系统研究了转 Bt 基因棉对棉田非靶标害虫及天敌种群动态的影响。试验设三个处理：转 Bt 化防田（使用化学农药控制害虫）、转 Bt 自控田（仅依靠田间自然天敌控制害虫）及常规对照棉田（利用综合防治措施控制害虫）。结果表明，在转 Bt 基因棉田中，除棉蓟马外，其它主要非靶标害虫（主要是刺吸性害虫）的种群发生数量呈明显的上升趋势。2000 年棉蚜发生的总计值，化防田和自控田分别比常规对照田增加 37.9%和 71.4%，2001 年则分别增加 92.5%和 134.9%；2000 年朱砂叶螨发生的总计值，化防田和自控田分别比常规对照田增加 181.1%和 298.3%，2001 年则分别增加 69.9%和 105.0%；转 Bt 基因棉对于斜纹夜蛾与烟粉虱这两种近几年来对棉花危害有加重趋势的害虫，在大田中没有表现出抗性。天敌的发生种类和数量也都远远高于常规对照棉田，几种主要天敌种群发生的总计值及高峰值都明显高于常规对照棉田。2000 年蜘蛛类发生的总计值，化防田和自控田分别比常规对照田增加 66.3%和 112.1%，2001 年则分别增加 95.1%和 111.7%；2000 年龟纹瓢虫发生的总计值，化防田和自控田分别比常规对照田增加 140.8%和 135.4%，2001 年则分别增加 67.2%和 109.5%；2000 年在两块转 Bt 基因棉田中种群数量较大的大眼蝉长蝽在常规对照棉田的调查过程中没有发现，2001 年在对照田中也仅记录到 1 头。试验表明，充分利用 Bt 棉田中天敌种类较丰富、种群数量较大的优势而加强生物防治，是湖北棉区转 Bt 基因棉田综防体系中的一个关键措施。

关键词：转 Bt 基因棉；非靶标害虫；天敌；种群动态

中图分类号：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296（2003）01-0001-05

Effect of transgenic Bt cotton on population dynamics of the non-target pests and natural enemies of pests

DENG Shu-Dong[1]，XU Jing[1]，ZHANG Qing-Wen[1*]，ZHOU Shi-Wen[2]，XU Guan-Jun[3]（1. College of Plant Protection，China Agricultural University，Beijing　100094，China；2. Agricultural Institute，Administration Bureau of Shayang Jail，Shayang，Hubei　448200，China；3. Department of Plant Protection，Huazhong Agricultural University，Wuhan　430070，China）

Abstract：Systematic investigations were carried out on the effect of transgenic Bt cotton on the population dynamics of non-target pests and natural enemies of pests in Hubei province in 2000－2001. This experiment included three treatments. The first was a transgenic Bt cotton field that utilized pesticides to control pests（FPC），the second was a transgenic Bt cotton field that used natural enemies to control pests（FNEC），and the third was a normal cotton field that adopted IPM（integrated pest management）to control pests（FIPM）. The results showed that the population densities of non-target pests in transgenic Bt cotton fields were obviously increased. The cumulative and peak numbers of aphids in FPC and FNEC increased by 37.9% and 71.4%，respectively，than those recorded in FIPM in 2000 and by 92.5% and 134.9% than those recorded in FIPM in 2001. Cumulative and peak numbers of red spider mites in FPC and FNEC increased by 181.1% and 298.3%， respectively，than those recorded in FIPM in 2000 and by 69.9% and 105.0% than those recorded in FIPM in 2001. Transgenic Bt cotton had no obvious resistance to *Prodenia infecta* and tobacco whitefly，which have become more serious pests of cotton in recent years. Populations of natural enemies was also significantly higher in transgenic Bt cotton fields. Cumulative and peak values of spiders in FPC and FNEC increased by 66.3% and

基金项目：农业部发展棉花生产专项资金项目（99032）；国家“973”项目（G2000016209）
作者简介：邓曙东，男，1971 年 5 月生，湖北巴东人，土家族，博士生，从事植物抗虫性研究，E-mail：dengshudong0613@sohu.com
＊通讯作者 Author for correspondence，E-mail：zhangqingwen@263.net
收稿日期 Received：2002-05-13；接受日期 Accepted：2002-12-16

112.1%, respectively, than those recorded in FIPM in 2000 and by 95.1% and 111.7% than those recorded in FIPM in 2001. Cumulative and peak values of *Propylaea japonica* in FPC and FNEC increased by 140.8% and 135.4%, respectively, than those recorded in FIPM in 2000 and by 67.2% and 109.5% than those recorded in FIPM in 2001. An important natural enemy in transgenic Bt cotton fields, *Geocoris pallidipennis* was almost absent in normal cotton fields. These results suggest that optimizing the utilization of natural enemies in transgenic Bt cotton would be a valuable addition to the existing IPM techniques.

Key words: transgenic Bt cotton; non-target pests; natural enemy; population dynamics

转 Bt 基因棉自问世以来，在世界各棉区的试种或种植过程中，对棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) 都表现了较好的控制作用，在一定程度上缓解了棉铃虫的抗药性对棉花生产造成的巨大压力。我国自 1986 年棉花抗虫基因工程研究被列为国家“863”计划的重点课题以来，已取得了较大的进展。目前已育成了 10 多个转基因棉品种或品系，并有部分品种在华北棉区推广种植，作为治理棉铃虫的抗药性的一个关键措施，转 Bt 基因棉在我国大面积推广种植已是大势所趋。但在华北棉区已有研究表明，和常规棉田相比，转 Bt 基因棉田中非靶标害虫及天敌的种群数量及发生规律都有所变化（崔金杰和夏敬源，1997）。我们于 2000 ~ 2001 年在湖北棉区系统地研究了转 Bt 基因棉对棉田非靶标害虫及天敌种群动态的影响，以为转 Bt 基因棉在湖北棉区的推广应用及棉田综合防治体系的建立提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点及供试棉花

试验在湖北省沙洋监狱管理局农科所进行，所用转 Bt 基因棉品系 GK19 是由沙洋监狱管理局农科所和中国农科院生物技术中心合作在 1997 年选育而成，常规棉对照品种为其受体品种泗棉 3 号。试验棉田为沙洋监狱管理局农科所试验田，棉花为营养钵育苗，移栽期为 4 月下旬。

1.2 试验处理

1.2.1 采取化学农药防治措施：转 Bt 基因棉田（面积 1 hm^2）。如 2000 年 5 月中旬朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabaarinus* Boisduval 发生比较严重，曾连续施药三次进行控制并兼治棉蚜 *Aphis gossypii* Glover; 8 月中旬对中黑盲蝽 *Adelphocoris suturalis* Jakovlev 进行药剂防治二次。此处理以下简称化防田。

1.2.2 全生育期不施用任何化学农药：转 Bt 基因棉田（面积 1 hm^2）。此处理以下简称自控田。

1.2.3 采取综合防治措施：常规棉田（品种为泗棉 3 号，面积 1 hm^2）。如从棉铃虫第二代开始发生以后，除用化学农药防治（兼治朱砂叶螨及中黑盲蝽）外，另在田间安置黑光灯及性诱剂诱杀成蛾，在棉铃虫盛发期还采取了人工捉虫的防治措施。同时在田间放置红铃虫 *Pectinophora gossypiella* Saunders 的性诱剂。此处理以下简称对照田。

三块处理田之间的距离均为 667 m。

1.3 调查方法

调查采用棋盘式抽样方法，每个处理 10 个点，每点 10 株棉花。在棉花的全生育期，每隔 5 天调查一次，详细记载棉花植株及地面上的昆虫（包括蜘蛛和螨类）种类及数量。

2 结果与分析

2.1 转 Bt 基因棉对非靶标害虫种群的影响

在湖北棉区，转 Bt 基因棉田中的主要非靶标害虫为棉蚜、朱砂叶螨、棉蓟马、烟粉虱 *Bemisia tabaci* Gennaolius 等，另外，斜纹夜蛾 *Prodenia litura* Fabrivius、中黑盲蝽、棉叶蝉 *Empoasca biguttula* Ishida 等在某个年份也有较大的种群数量。

从表 1 可以看出，与常规对照棉田相比，除棉蓟马外，其它主要的非靶标害虫（刺吸性害虫）的种群累积发生数量及高峰值均呈显著上升趋势。2000 年棉蚜发生的总计值，化防田和自控田分别比常规对照田增加 37.9%和 71.4%，2001 年则分别增加 92.5%和 134.9%，差异明显；2000 年朱砂叶螨发生的总计值，化防田和自控田分别比常规对照田增加 181.1%和 298.3%，2001 年则分别增加 69.9%和 105.0%，差异明显；在湖北棉区，棉蓟马的优势种为花蓟马 *Frankiniella intonsa* (Trybom)，在种群数量上占绝对优势，因此田间棉蓟马的发生高峰出现在棉花盛花期，即 7 月上旬至 8 月中、下旬。相比两种棉花的每株开花数量，转 Bt 基因棉要稍少于常规棉，而农药又较难作用到花朵之中，

这是造成常规棉田的棉蓟马种群数量高于 Bt 棉田　　的主要原因。

表 1　三种处理棉田的主要非靶标害虫的种群数量（头/百株）

Table 1　Densities of main non-target pests in 3 experimental plots of cotton（individuals/100 cotton plants）

年份 Year	处理 Treatment	棉蚜 Aphids		朱砂叶螨 Red spider mite		棉蓟马 Flower thrips	
		高峰值 Peak	总计值 Total	高峰值 Peak	总计值 Total	高峰值 Peak	总计值 Total
2000	化防田 TCPC	1 680	7 080	2 680	5 532	2 420	16 619
	自控田 TCNC	1 840	8 801	1 640	7 838	2 140	14 623
	对照田 RCIM	1 140	5 134	1 130	1 968	3 802	20 872
2001	化防田 TCPC	1 010	7 858	506	2 896	2 002	8 092
	自控田 TCNC	1 268	9 588	764	3 496	1 896	9 902
	对照田 RCIM	865	4 082	386	1 705	4 326	18 862

TCPC: Transgenic Bt cotton with pesticide control of pests; TCNC: Transgenic Bt cotton with biological (natural enemy) control of pests; RCIM: Routine cotton variety with integrated management of pests. The same for the following tables and figures

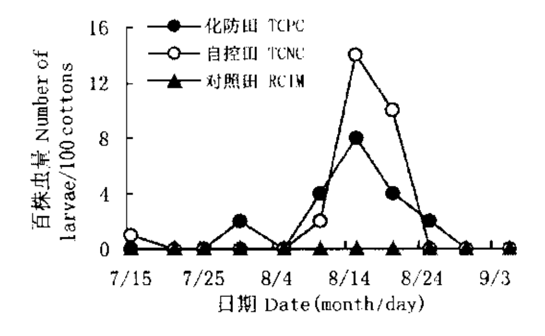


图 1　2001 年三种处理棉田斜纹夜蛾的种群动态

Fig.1　Population dynamics of *Prodenia litura* in three plots of cotton in 2000

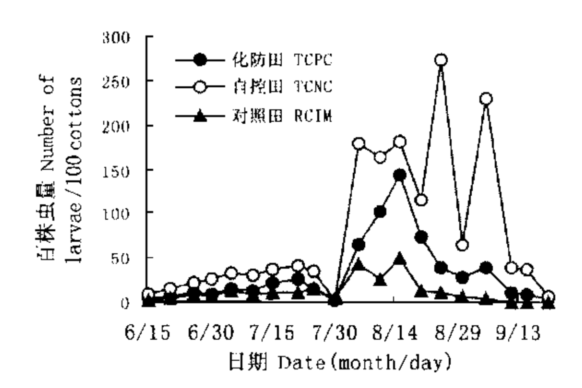


图 2　2000 年三种处理棉田烟粉虱的种群动态

Fig.2　Population dynamics of tobacco whitefly in three plots of cotton in 2000

近年来，棉田害虫发生的种类也出现了一些新情况，如斜纹夜蛾和烟粉虱危害逐年加重，在许多棉区已成为主要害虫。随着转 Bt 基因棉的推广种植，它对新近出现的主要害虫的抗性也受到关注。我们的试验结果表明，在大田中，转 Bt 基因棉对斜纹夜蛾和烟粉虱都没有表现明显的抗性。

2000 年在转 Bt 基因棉田中，斜纹夜蛾百株虫量的高峰值（14 头/百株）超过了棉铃虫（8 头/百株），在 8 月中、下旬对棉株造成明显危害（见图 1，由于 7 月 15 日以前和 9 月 5 日之后各个处理田中斜纹夜蛾的种群密度很低，因此只取其发生数量较大的一段时间作图），而在常规棉田没有发现斜纹夜蛾的危害。烟粉虱连续两年在转基因棉田中都有较大的种群数量，其中，自控田的种群数量又高于化防田，而常规对照棉田的发生量则一直处于较低的水平（图 2、图 3，两图均取田间种群密度较大的时段作图）。可见在转 Bt 基因棉田中，一些次要害虫种群的发生数量上升，有成为主要害虫的潜在趋势，这与转 Bt 基因棉田中化学防治力度的减弱有着重要的关系。

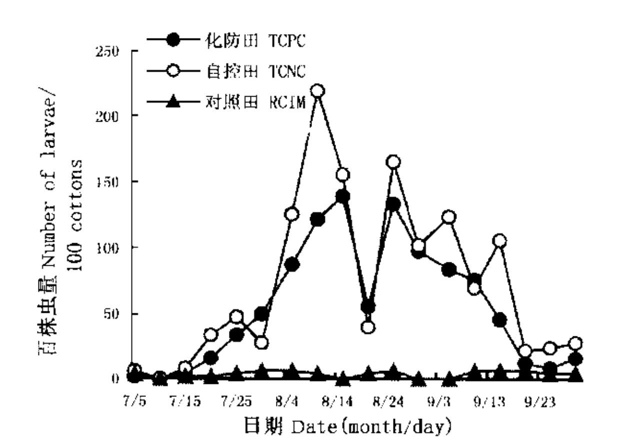


图 3　2001 年三种处理棉田烟粉虱的种群动态

Fig.3　Population dynamics of tobacco whitefly in three plots of cotton in 2001

从在田间种群动态来看，这两种害虫在棉花生长中后期危害较重，种群数量剧增。其中自控田的种群数量最高，而两块施用农药的处理棉田种群数量则小一些，特别是采用综合防治措施的常规对照棉田，两种害虫的发生量很小或没有发生。表明在

转 Bt 基因棉田中，结合使用化学防治方法，可以控制这两种害虫的为害。

其它一些害虫如 2000 年中黑盲蝽在转基因棉田中为害较重（化防田中总计值为 29 头，高峰值为 8 头；自控田中总计值为 54 头，高峰值为 18 头；对照田中均为 0 头），2001 年棉叶蝉有较大的种群数量（化防田中总计值为 266 头，高峰值为 42 头；自控田中总计值为 290 头，高峰值为 48 头；对照田中总计值为 98 头，高峰值为 30 头）。这几种害虫在转基因棉田中的发生数量总计值及高峰值也都明显高于常规对照棉田。

2.2 转 Bt 基因棉对天敌种群的影响

调查表明，棉田中天敌的优势种均为捕食性天敌，如蜘蛛类（田间优势种主要为草间小黑蛛 *Erigonidium graminicolum* Sundervall 和 T-纹豹蛛 *Paradosa T-insignita* Boes. *et* Str.）、龟纹瓢虫 *Propylaea japonica* Goeze 及大眼蝉长蝽 *Geocoris pallidipennis* Costa 等，七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* L. 也有一定的种群数量。其它的一些捕食性天敌种类如草蛉 *Chrysopa septempunctata* Wesmael、小花蝽 *Orius mimutus* Linnaeus、异色瓢虫 *Leis axyridis* Pallas、捕食螨、塔六点蓟马 *Scolothrips takahashii* Priesner、青翅隐翅虫 *Paederus fuscipes* Curtis 等以及寄生性的天敌种类发生量都很小，在常规对照棉田中只是偶尔能看到。

表 2 三种处理棉田中主要天敌（头/百株）

Table 2 Densities of important natural enemies in three experimental plots of cotton (individuals/100 cottons plants)

年份 Year	处理 Treatment	蜘蛛类 Spiders		龟纹瓢虫 *Propylaea japonica*		大眼蝉长蝽 *Geocoris pallidipennis*	
		高峰值 Peak	总计值 Total	高峰值 Peak	总计值 Total	高峰值 Peak	总计值 Total
2001	化防田 TCPC	220	2 050	542	1 428	10	39
	自控田 TCNC	264	2 615	460	1 396	34	124
	对照田 RCIM	156	1 233	166	593	0	0
2001	化防田 TCPC	142	1 670	231	826	19	41
	自控田 TCNC	217	1 812	265	1 035	25	92
	对照田 RCIM	107	856	84	494	1	1

系统调查结果如表 2 所示，两块转基因棉田中的几种主要天敌发生的总计值和高峰值都要高于常规对照棉田。2000 年蜘蛛类发生的总计值，化防田和自控田分别比常规对照田增加 66.3% 和 112.1%，2001 年则分别增加 95.1% 和 111.7%，差异明显；2000 年龟纹瓢虫发生的总计值，化防田和自控田分别比常规对照田增加 140.8% 和 135.4%，2001 年则分别增加 67.2% 和 109.5%，差异明显；2000 年在两块转 Bt 基因棉田中种群数量较大的大眼蝉长蝽在常规对照棉田的调查过程中没有发现，2001 年在对照田中也仅记录到 1 头，可见对照田中频繁施用农药对大眼蝉长蝽的种群发生数量影响极大。

在两年的系统调查过程中发现，采用综合防治措施的常规对照棉田中的天敌无论是在种类还是数量上都明显少于两块转基因棉田。

3 讨论

3.1 转 Bt 基因棉对非靶标害虫的影响

有研究表明，在相同的越冬虫源环境中，朱砂叶螨在 Bt 棉上的发生时间与常规棉相同，零星发生后在 Bt 棉上的种群发展速度比在常规棉上快。研究证实，转 Bt 基因棉花植株内的缩合单宁含量比常规棉降低，而缩合单宁是棉花抗朱砂叶螨的重要次生物质（王武刚等，1999）。Wilson 等（1992）在转 Bt 基因棉田间对豆荚盲蝽 *Megacoelum modestum* Distant、花蓟马混合种群、甘薯白粉虱 *Bemisia inconspicua* 等进行了调查，表明转 Bt 基因棉通过对鳞翅目害虫的影响而间接地促进了甘薯白粉虱的种群增长。Jenkins（1991）和 Benedict 等（1992）的研究也都验证了转 Bt 基因棉对棉铃虫有着较高水平的控制能力，而对其它一些害虫不具抗性。但没有更多的研究证明，转 Bt 基因棉对棉田其它害虫的发生有直接的促进作用。我们的试验表明，转基因棉田中由于棉铃虫为害减轻，棉花长势得到改善，同时田间化学防治频次下降，给其它植食性昆虫提供了更好的营养条件和更为宽松的生存环境，使朱砂叶螨、棉蚜、烟粉虱等刺吸性害虫的种群数

量呈上升趋势。

3.2　转 Bt 基因棉对天敌的影响

转 Bt 基因棉对害虫天敌的影响较为复杂。在我们的系统调查中，发现转 Bt 基因棉田中的捕食性天敌的种类及种群数量都远远高于常规对照棉田，转 Bt 基因棉田内蜘蛛类、龟纹瓢虫、七星瓢虫、大眼蝉长蝽都保持着较大的种群数量，特别是龟纹瓢虫，其种群数量十分庞大，在 2000 年百株虫量最高达 542 头，2001 年的百株虫量也有 265 头之多，成为 Bt 棉田中生物防治的一个关键因素。其它一些传统优势种类如草蛉、小花蝽、异色瓢虫等种群数量较小。转 Bt 基因棉对寄生性天敌有一定的影响。在系统调查过程中，转 Bt 基因棉田中寄生性天敌的种类和数量都非常稀少，如齿唇姬蜂 *Campoletis chlorideae* Uchida、悬茧姬蜂 *Charops bicolor* Szepligeti 等都仅为偶见。已有研究表明，转 Bt 基因棉对棉铃虫寄生蜂的羽化和质量有较大的影响（崔金杰和夏敬源，1999），但在施药频繁的常规对照棉田中，这些寄生性天敌更是难觅踪迹。可见，这种影响并不会大于常规棉田中农药对寄生性天敌的杀伤作用。

3.3　转 Bt 基因棉田中非靶标害虫的控制及天敌的保护利用

转 Bt 基因棉在华北棉区已大面积推广种植，但在长江流域棉区如湖北棉区还处于试种阶段。在华北棉区，大多数转 Bt 基因棉品系在棉花生长后期对棉铃虫的抗性呈下降趋势，仍需采用化学防治控制棉铃虫的为害（张惠珍等，2000）。在湖北棉区的 GK19 品系试种过程中，对棉铃虫抗性表现稳定，即使在不施用农药的转基因棉田中，在棉花生长后期，棉铃虫的种群数量并没有明显的上升趋势。但与一些刺吸性害虫的种群数量相比常规对照棉田有 显著的上升态势。因此，需加强转 Bt 基因棉田中非靶标害虫的的虫情监测，研究其与田间天敌的发生规律及互作关系，充分发挥转 Bt 基因棉田中天敌种类较丰富、种群数量较大的优势，采取合理的防治措施。如朱砂叶螨在棉花苗期对转 Bt 基因棉危害严重，而此时田间天敌的种群数量较小，需及时进行化学防治，防止其在田间的迅速扩散。8 月中、下旬棉蚜在田间的种群数量突增，但同期龟纹瓢虫的种群数量也迅速增长，并及时控制棉蚜的种群数量，使其迅速回落，这时便不需进行化学防治。我们的试验结果表明，在转 Bt 基因棉田中，一些非靶标害虫的种群数量有所上升，但田间的天敌种类及其数量也有大幅度的增加，生物防治在棉田综合治理中占据了更为重要的地位。

参 考 文 献（References）

Benedict J H, Altman D W, Umbeck P F, Ring D R, 1992. Behavior, growth, survival, and plant injury by *Heliothis virescens*（F.）(Lepidoptera: Noctuidae) on transgenic Bt cottons. *J. Econ. Entomol.*, 85 (2): 589－593.

Cui J J, Xia J Y, 1997. Effects of transgenic Bt cotton on population dynamics of the main pests and their natural enemies. *Acta Agricultrae Universitatis Henanensis*, 31 (4): 351－356.［崔金杰，夏敬源，1997. 转 Bt 基因棉对棉田主要害虫及其天敌种群消长的影响. 河南农业大学学报，31（4）：351－356］

Cui J J, Xia J Y, 1999. Effects of transgenic Bt cotton on the population dynamics of natural enemies. *Acta Grossypii Sinica*, 11 (2): 84－91.［崔金杰，夏敬源，1999. 转 Bt 基因棉对天敌种群动态的影响. 棉花学报，11（2）：84－91］

Jenkins J H, 1991. Field performance of transgenic cotton containing the Bt gene. Proc. Belt Cotton Res. Con. 576.

Wang W G, Wu K M, Liang G M, Li X L, 1999. Occurrence of cotton pests in Bt cotton fields and its control strategy. *Plant Protection*, 25 (1): 3－5.［王武刚，吴孔明，梁革梅，李修立，1999. Bt 棉对主要棉虫发生的影响及防治对策. 植物保护，25（1）：3－5］

Wilson F D, Flint H M, Deaton W R, Fischhoff D A, Perlak F J, Armstrong T A, Fuchs R L, Berberich S A, Parks N J, Stapp B R, 1992. Resistance of cotton lines containing a *Bacillus thuringiensis* toxin to pink bollworm and other insects. *J. Econ. Entomol.*, 85 (4): 1 516－1 521.

Zhang H Z, Wang M D, Dai H P, Zhou Y H, Wang S K, Dong Q F, 2000. Dynamics of *Helicoverpa armigera* (Hübner) in Bt transgenetic cotton fields and its damage. *Entomological Knowledge*, 37 (3): 146－148.［张惠珍，王马的，戴慧平，周艳辉，王书魁，董巧凤，2000. 转 Bt 基因抗虫棉田棉铃虫消长规律及危害特点. 昆虫知识，37（3）：146－148］